



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

(21) Aktenzeichen.  
 (22) Anmeldetag:  
 (43) Offenlegungstag:

P 31 14 135.8 52  
8. 4. 81  
21. 10. 82

71 Anmelder:  
Aesculap-Werke AG vormals Jetter & Scheerer, 7200  
Tuttlingen, DE

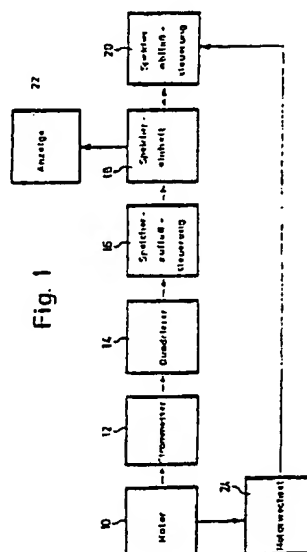
⑦2 Erfinder:  
Bopp, Achim, 7743 Furtwangen, DE

**DE 31 14 135 A 1**

Prüfungsantrag gem § 44 PatG ist gestellt

### 54 Verfahren und Schaltung zur Temperaturermittlung bei medizinischen Elektromotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Temperatur im Inneren eines Elektromotors zum Antreiben chirurgischer und anderer medizinischer Instrumente und besteht darin, daß mit Hilfe einer elektronischen Schaltung ein der aufgenommenen Verlustenergie entsprechendes Signal in einer Speichereinheit aufsummiert wird, deren Inhalt kontinuierlich entsprechend dem Abkühlverhalten des Motors verringert wird, wobei ein dem Speicherinhalt entsprechendes, die Motor- bzw. Wicklungstemperatur darstellendes Temperatursignal erzeugt wird. Außerdem betrifft die Erfindung eine Schaltung zur Durchführung dieses Verfahrens. (31 14 135)



**DE 31 14 135 A1**

**BEST AVAILABLE COPY**

3114135

HOEGER, STELLRECHT & PARTNER

P A T E N T A N W A L T E

UHLANDSTRASSE 14 c · D 7000 STUTTGART 1

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

Anmelder: Aesculap-Werke Aktiengesellschaft  
vormals Jetter & Scheerer  
Postfach 40  
7200 Tuttlingen

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Ermittlung der Temperatur im Inneren eines Elektromotors zum Antreiben chirurgischer und anderer medizinischer Instrumente, insbesondere im Inneren einer rotierenden Motorwicklung, dadurch gekennzeichnet, daß man mit Hilfe einer elektronischen Schaltung ein der vom Motor jeweils aufgenommenen Verlustenergie entsprechendes Signal einer Speichereinheit zuführt und in dieser aufsummiert, daß man den Speicherinhalt der Speichereinheit kontinuierlich entsprechend dem Abkühlverhalten des Motors verringert und daß man ein dem Speicherinhalt entsprechendes, die Motor- bzw. Wicklungstemperatur darstellendes Temperatursignal erzeugt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das der vom Motor aufgenommenen Verlustenergie entsprechende Signal durch Quadrierung des Motorstroms bzw. eines dazu proportionalen Signals gebildet wird.

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 2 -

3. Schaltung zur Ermittlung der Temperatur im Inneren eines Elektromotors zum Antreiben chirurgischer und anderer medizinischer Instrumente, insbesondere im Inneren einer rotierenden Motorwicklung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Signalerzeugungseinrichtungen (12, 14) vorgesehen sind, mit deren Hilfe ein mit dem Quadrat des Motorstroms verknüpfted Ladesignal erzeugbar ist, daß eine Speicherzuflußsteuerung (16) vorgesehen ist, der das Ladesignal zuführbar ist und durch die ein dem zeitlichen Erwärmungsverlauf des Motors (10) bzw. der Motorwicklung entsprechendes Speichersignal erzeugbar ist, daß eine Speichereinheit (18) vorgesehen ist, der das Speichersignal vom Ausgang der Speicherzuflußsteuerung (16) zuführbar ist, daß eine Speicherabflußsteuerung (20) vorgesehen ist, durch die die Speichereinheit (18) entsprechend dem Abkühlverhalten des Motors bzw. der Motorwicklung entladbar ist und daß Anzeigeeinrichtungen (22) zur Anzeige des Speicherinhalts vorgesehen sind.
4. Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalerzeugungseinrichtungen (12, 14) einen vom Motorstrom bzw. einem dazu proportionalen Strom durchflossenen Messwiderstand (12) und einen Quadrierer (16) aufweisen, dessen Eingang eine zu dem Strom durch den Messwiderstand (12) proportionale Messspannung zuführbar ist.

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 3 -

5. Schaltung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherzuflußsteuerung (16) und die Speicherabflußsteuerung (20) als Netzwerke mit jeweils mindestens einem RC-Glied (100, 102; 98, 100, 102) ausgebildet sind.
6. Schaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherzuflußsteuerung (16) und die Speicherabflußsteuerung (20) als Netzwerke mit jeweils mehreren RC-Gliedern ausgebildet sind, die bezüglich ihrer Zeitkonstanten entsprechend den unterschiedlichen, bei der Erwärmung und Abkühlung des Motors bzw. der Motorwicklung auftretenden und sich in ihrer Wirkung zeitlich überlagernden Wärmeleitstrecken dimensioniert sind.
7. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Speichereinheit (18) als Integrator ausgebildet ist.
8. Schaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherzuflußsteuerung (16), die Speicherabflußsteuerung (20) und die Speichereinheit (18) gemeinsam durch einen Integrator (94, 98, 100, 102) mit definierter Selbstentladung gebildet sind.
9. Schaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherabflußsteuerung (20) Schalteinrichtungen (24, 78 bis 89, 106) aufweist, durch die der Integrator (94, 98, 100, 102) beim Auswechseln eines Motors (10) zurücksetzbar ist.

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 4 -

10. Schaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Zurücksetzen des Integrators (94, 98, 100, 102) dienenden Schalteinrichtungen (24, 78 bis 89, 106) Verzögerungseinrichtungen (78, 80) umfassen, durch die das Zurücksetzen des Integrators (18) verzögert herbeiführbar ist.
11. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigeeinrichtungen (22) eine Leuchtdioden-Zeile zur Anzeige des Speicherinhalts aufweisen.
12. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigeeinrichtungen (22) ein Zeigerinstrument zur Anzeige des Speicherinhalts aufweisen.
13. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Vermeidung unsicherer Schaltzustände Verzögerungseinrichtungen und/oder Bauelemente bzw. Schaltkreise mit vorgegebener Schalthysterese vorgesehen sind.
14. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß den Anzeigeeinrichtungen (22) eine Schwellwertschaltung zugeordnet ist, durch die bei Erreichen eines vorgegebenen oberen Grenzwerts des Speicherinhalts ein Signal erzeugbar ist, durch welches ein Alarm und/oder eine Abschaltung des Motors (10) herbeiführbar ist.

3114135 -

-5. 08. 04. 81

HOEGER, STELLRECHT & PARTNER

P A T E N T A N W Ä L T E

UHLANDSTRASSE 14 c · D 7000 STUTTGART 1

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

Anmelder: Aesculap-Werke Aktiengesellschaft  
vormals Jetter & Scheerer  
Postfach 40  
7200 Tuttlingen

Verfahren und Schaltung zur Temperatur-  
ermittlung bei medizinischen Elektromotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Temperatur im Inneren eines Elektromotors zum Antrieben chirurgischer und anderer medizinischer Instrumente, insbesondere im Inneren einer rotierenden Motorwicklung.

Es ist bekannt, bei Elektromotoren die Betriebstemperatur direkt über Messelemente, insbesondere mittels in die Wicklung eingebauter Halbleiter-Sensoren zu erfassen und bei einer die Wicklung gefährdenden Übertemperatur eine Abschaltung des Motors herbeizuführen und/oder einen Alarm auszulösen.

Diese Verfahren haben aber den Nachteil, daß mindestens eine weitere Meßleitung im Zuführkabel erforderlich ist, wodurch die Handhabung z.B. von kleinen Handmotoren für medizinische Zwecke, insbesondere von chirurgischen Motoren, beeinträchtigt wird.

Außerdem erfordert die Auskopplung des Messignals aus der rotierenden Ankerwicklung erheblichen technischen Aufwand. Der hierfür erforderliche Raumbedarf ist besonders bei chirurgischen Mikromotoren äußerst nachteilig.

A 44 406 u  
k - 176  
26.März 1981

- 6 -

Weiterhin ist es bekannt, zur Vermeidung von Motorüberlastung Einrichtungen vorzusehen, die auf einen Überstrom im Motor ansprechen. Zu diesem Zweck wird in den Motorstromkreis ein verhältnismäßig kleiner Widerstand geschaltet. Sobald die Spannung an diesem Meßwiderstand einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet, wird der Motor ausgeschaltet. Dieses Verfahren berücksichtigt weder die quadratische Abhängigkeit der Wärmeleistung vom Strom noch die thermische Vorgeschichte der zu überwachenden Vorrichtung vor dem Überschreiten des Schwellwertes.

Schließlich ist es auch bekannt, für den Schutz eines Motors gegen eine unzulässig hohe Temperatur einen Bimetallkontakt zu verwenden, der die zu überwachende Temperatur indirekt über die Wärmewirkung des Motorstromes erfasst.

Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß der Temperaturverlauf im Motor und der Temperaturverlauf des Bimetallstreifens infolge unterschiedlicher Wärmezeitkonstanten nicht proportional verlaufen. Außerdem ist der Temperaturverlauf im Bimetall außer vom Strom auch von der Umgebungstemperatur abhängig, was sich besonders bei räumlicher Trennung von Motor und Meßstelle nachteilig auswirken kann.

Ausgehend vom Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. eine Schaltung zur Temperaturermittlung bei Elektromotoren zum Antreiben chirurgischer und anderer medizinischer Instrumente anzugeben, bei dem bzw. bei der die Motor- bzw.

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 7 -

Wicklungstemperatur mit vergleichsweise geringem technischem Aufwand jederzeit sicher und mit guter Genauigkeit ermittelt werden kann.

Diese Aufgabe wird, was das Verfahren anbelangt, gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, daß man mit Hilfe einer elektronischen Schaltung/<sup>ein</sup>der vom Motor jeweils aufgenommenen Verlustenergie entsprechendes Signal einer Speichereinheit zuführt und in dieser aufsummiert, daß man den Speicherinhalt der Speichereinheit kontinuierlich entsprechend dem Abkühlverhalten des Motors verringert und daß man ein dem Speicherinhalt entsprechendes, die Motor- bzw. Wicklungstemperatur darstellendes Temperatursignal erzeugt.

Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das der vom Motor aufgenommenen Verlustenergie entsprechende Signal durch Quadrierung des Motorstroms bzw. eines dazu proportionalen Signals gebildet wird.

Erfindungsgemäß erfolgt also vorzugsweise die Bildung eines zum quadrierten Motorstrom proportionalen Signals, um auf diese Weise mit Hilfe der Zu- und Ablaufsteuerung in der Speichereinheit einen Speicherinhalt zu erzeugen, der ein indirektes Maß für die zu ermittelnde Temperatur ist, wodurch gegenüber den bekannten Verfahren zur indirekten Temperaturermittlung bzw. Überwachung der entscheidende Vorteil erreicht wird, daß neben der aufgenommenen Verlustenergie auch die durch die Bauart bedingte Wärmeabstrahlung des betreffenden Motors berücksichtigt wird, so daß sich die Temperaturentwicklung



A 44 406u  
k - 176  
26. März 1981

- 8 -

wesentlich exakter ermitteln läßt als bisher, wodurch auch der Zeitpunkt, in dem eine Übertemperatur des Motors bzw. der Motorwicklung zu erwarten ist, in Ausgestaltung der Erfindung sehr genau bestimmt werden kann.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens hat sich eine Schaltung als vorteilhaft erwiesen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß Signalerzeugungseinrichtungen vorgesehen sind, mit deren Hilfe ein mit dem Quadrat des Motorstroms verknüpfted Ladesignal erzeugbar ist, daß eine Speicherzuflußsteuerung vorgesehen ist, der das Ladesignal zuführbar ist und durch die ein dem zeitlichen Erwärmungsverlauf des Motors bzw. der Motorwicklung entsprechendes Speichersignal erzeugbar ist, daß eine Speichereinheit vorgesehen ist, der das Speichersignal vom Ausgang der Speicherzuflußsteuerung zuführbar ist, daß eine Speicherabflußsteuerung vorgesehen ist, durch die die Speichereinheit entsprechend dem Abkühlverhalten des Motors bzw. der Motorwicklung entladbar ist und daß Anzeigeeinrichtungen zur Anzeige des Speicherinhalts vorgesehen sind.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Signalerzeugungseinrichtungen einen vom Motorstrom bzw. einem dazu proportionalen Strom durchflossenen Meßwiderstand und einen Quadrierer aufweisen, dessen Eingang eine zu dem Strom durch den Meßwiderstand proportionale Messspannung zuführbar ist. Auf diese Weise kann nämlich ein Maß für die den Motor bzw. die Motorwicklung erwärmende Verlustenergie über das Quadrat des Motorstromes erfasst, in elektrische Ladungseinheiten transformiert und schließ-

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 9 -

lich in einen elektrischen Speicher hinein aufsummiert werden, aus dem andererseits über die Speicherabflußsteuerung eine dem Abkühlverhalten entsprechende Anzahl von Ladungseinheiten abfließt.

Die Zeitkonstanten für den Ladungszufluß und den Ladungsabfluß können dabei vorteilhaft durch RC-Glieder gebildet werden, wobei es besonders günstig ist, wenn die Speicherzuflußsteuerung und die Speicherabflußsteuerung als Netzwerke mit jeweils mehreren RC-Gliedern ausgebildet sind, die bezüglich ihrer Zeitkonstanten entsprechend den unterschiedlichen, bei der Erwärmung und Abkühlung des Motors bzw. der Motorwicklung auftretenden und sich in ihrer Wirkung zeitlich überlagernden Wärmeleitstrecken dimensioniert sind.

Bei dieser Ausgestaltung können die relevanten Wärmeübergangswiderstände und Wärmespeicherkapazitäten in außerordentlich genauer Weise berücksichtigt werden, so daß die indirekte Temperaturermittlung durch Simulation des interessierenden Temperaturverlaufs in der betrachteten Schaltung sehr genau bestimmbar ist.

Obwohl prinzipiell bei der Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens und bei den hierfür vorgesehenen Schaltungen beliebige Speichereinheiten vorgesehen sein können, wenn man mit Hilfe der Zu- und Abflußsteuerungen geeignete Signale erzeugt, beispielsweise, um einen der zu ermittelnden Temperatur entsprechenden Zählerstand in einem vorwärts und rückwärts zählenden Zähler zu erzeugen, hat es sich in der Praxis als

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 10 -

besonders günstig erwiesen, wenn als Speichereinheit ein Integrator vorgesehen ist, insbesondere, wenn dieser Integrator unter elektrischer Zusammenfassung der Speichereinheit, der Zuflußsteuerung und der Abflußsteuerung als Integrator mit definierter Selbstentladung ausgebildet ist.

In Ausgestaltung der Erfindung hat es sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die Speicherabflußsteuerung so ausgebildet ist, daß der Speicherinhalt bei einem Motorenwechsel automatisch auf Null oder auf einen Wert zurückgesetzt werden kann, der dem Temperaturwert des neuen Motors entspricht, so daß auch die Umgebungstemperatur Berücksichtigung findet. Dabei kann der Mißbrauch einer solchen Rückstelleinrichtung sowie deren unbeabsichtigte Auslösung, z.B. durch Störspannungsimpulse, durch eine in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehene Verzögerungsschaltung weitgehend vermieden werden.

Als vorteilhaft hat es sich auch erwiesen, wenn die Anzeigeeinrichtungen derart ergänzt sind, daß bei Erreichen einer bestimmten Temperatur, die vorzugsweise unter der kritischen Temperatur für den Motor bzw. die Motorwicklung liegt, besondere optische und/oder akustische Warnsignale ausgelöst werden, damit der Benutzer rechtzeitig auf einen erforderlichen Motorwechsel vorbereitet wird. Dabei besteht auch die Möglichkeit, bei Erreichen einer kritischen Temperaturschwelle zum Schutz des Motors eine automatische Abschaltung desselben herbeizuführen.

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 11 -

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden nachstehend anhand von Zeichnungen noch näher erläutert und/oder sind Gegenstand von Unteransprüchen. Es zeigen:

Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform einer Schaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 2 ein detailliertes Schaltbild einer bevorzugten Ausführungsform einer Schaltung gemäß Fig. 1.

Im einzelnen zeigt Fig. 1 eine Überwachungsschaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der mit einem zu überwachenden Motor 10 ein zum Messen des Motorstromes dienender Strommesser 12 verbunden ist, der ein vom Motorstrom durchflossener Messwiderstand sein kann. Dieser Messwiderstand kann mit einem Verstärker (nicht dargestellt) verbunden sein, der ein dem gemessenen Strom proportionales Signal, beispielsweise die über dem Messwiderstand abfallende, zum Motorstrom proportionale Spannung verstärkt. Das gegebenenfalls verstärkte Ausgangssignal des Strommessers 12 wird einem Quadrierer 14 zugeführt, an dessen Ausgang somit ein dem Quadrat des Motorstroms proportionales Ladesteuersignal erhalten wird, das an den Eingang einer Speicherzuflußsteuerung 16 angelegt wird. Die Speicherzuflußsteuerung 16, deren Ausgang mit einer Speichereinheit 18 verbunden ist, ist dabei so ausgebildet, daß sie das Ladesignal entsprechend dem Erwärmungsverlauf des

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 12 -

betreffenden Motors 10 modifiziert und dieses Signal als Speichersignal an die Speichereinheit 18 weiterleitet. In dieser Speichereinheit 18 wird das Ladesignal kontinuierlich aufsummiert bzw. integriert. Gleichzeitig ist aber mit der Speichereinheit 18 der Ausgang einer Speicherabflußsteuerung 20 verbunden, die so ausgebildet ist, daß der Speicherinhalt der Speichereinheit 18 kontinuierlich entsprechend dem Abkühlverhalten des Motors 10 (bzw. einer rotierenden Motorwicklung desselben) verringert wird. Auf diese Weise wird letztlich ein Speicherinhalt erhalten, welcher der tatsächlichen Temperatur des Motors 10 bzw. der Motorwicklung entspricht und welcher von einer mit der Speichereinheit 18 verbundenen Anzeigeeinrichtung 22 in geeigneter Weise, beispielsweise direkt als Motortemperatur angezeigt werden kann.

Bei der betrachteten Schaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist also dafür Sorge getragen, daß der Speicherinhalt nicht einfach in Abhängigkeit vom Quadrat des Motorstroms ansteigt, sondern entsprechend der vom Motortyp abhängigen, tatsächlich zugeführten Verlustenergie abzüglich der aufgrund des Abkühlverhaltens vom Motor abfließenden Wärmeenergie, wobei sowohl der zeitliche Verlauf der Erwärmung als auch der zeitliche Verlauf der Abkühlung verhältnismäßig komplizierten Gesetzen gehorchen und im allgemeinen nur experimentell ermittelt werden können.

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

- 13 -

Bei der Schaltung gemäß Fig. 1 können mit den Anzeigeeinrichtungen 22 oder mit der Speichereinheit 18 selbst Überwachungseinrichtungen verbunden sein, die dann, wenn der Pegel des Speichersignals einen vorgegebenen Grenzwert erreicht bzw. übersteigt, ansprechen und eine Abschaltung des Motors oder einen akustischen oder optischen Alarm auslösen. Weiterhin weisen die Anzeigeeinrichtungen ein Anzeigeeinstrument oder dergleichen auf, welches eine ständige Kontrolle der Größe des Speicherinhalts ermöglicht, so daß beispielsweise bei kritischen Arbeiten mit einem von dem überwachten Motor 10 angetriebenen Werkzeug bereits bei Annäherung an den vorgegebenen Grenzwert des Speicherinhalts eine Arbeitsunterbrechung vorgenommen werden kann, und zwar zu einem Zeitpunkt, zu dem eine solche Unterbrechung im Hinblick auf den betreffenden Arbeitsablauf unproblematisch ist. Auf diese Weise wird eine unerwünschte Abschaltung zu einem ungünstigen Zeitpunkt eines Arbeitsablaufs, wie sie bei einer reinen Schwellwertüberwachung auftreten würde, vermieden. Eine vorteilhafte Anzeige kann dabei mit einer Zeile bzw. Kette von Leuchtdioden erhalten werden.

Bei der Schaltung gemäß Fig. 1 ist mit einem weiteren Eingang der Speicherabflußsteuerung ein Block 24 verbunden, welcher aufgrund einer Verbindung zu dem Motor 10 einen Motorwechsel feststellen und dementsprechend eine Ansteuerung der Speicherabflußsteuerung 20 herbeiführen kann, derart, daß diese die Speichereinheit 18 vollständig oder beispielsweise bis auf einen vorgegebenen Anfangswert des Speicherinhalts entladen kann, der beispielsweise der Umgebungstemperatur entsprechen kann.

3114135

08.04.81

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

14  
- 12a -

Bei der in Fig. 2 detailliert gezeigten Schaltung ist der eine Anschluß des zu überwachenden Motors 10 mit einer Versorgungsspannung von +30 V verbunden, während der andere Anschluß des Motors 10 über einen Messwiderstand 28 an einem Bezugspotential liegt. Der gemeinsame Verbindungspunkt des Motors 10 und des Messwiderstandes 28 liegt am nicht invertierenden Eingang (+) eines Operationsverstärkers 30, wobei dieser Eingang E im übrigen gegenüber Bezugspotential eine Spannung  $U_a$  aufweist. Der Ausgang des Operationsverstärkers 30 liegt über die Serienschaltung zweier Widerstände 32, 34 an Bezugspotential, wobei der Verbindungspunkt der Widerstände 32, 34 mit dem invertierenden Eingang (-) des Operationsverstärkers 30 verbunden ist. Weiterhin ist der Ausgang des Operationsverstärkers 30 mit dem einen Anschluß eines Widerstandes 36 verbunden, dessen anderer

3114135

00.04.81

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

15  
- 14 -

Anschluß über einen Schaltungspunkt a mit dem invertierenden Eingang (-) eines zweiten Operationsverstärkers 38 verbunden ist. Der Ausgang des ersten Operationsverstärkers 30 ist mit dem Schaltungspunkt a außerdem über drei Serienschaltungen aus jeweils einem Widerstand 40, 42, 44 und einer Diode 46, 48, 50 verbunden. Dabei sind die Kathoden der Dioden 46 - 50 dem Schaltungspunkt a zugewandt, während ihre Anoden den Widerständen 40, 42, 44 zugewandt sind. Die Anoden der Dioden 48, 50 sind dabei außerdem über Widerstände 52 bzw. 54 mit einer Leitung 56 verbunden, die auf einer Spannung von -15 V gehalten wird. Der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers 38 ist über einen Widerstand 58 mit dem Schaltungspunkt a und damit mit dem invertierenden Eingang dieses Operationsverstärkers verbunden. Außerdem ist der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers 38 über einen Widerstand 60 mit dem invertierenden Eingang eines dritten Operationsverstärkers 62 verbunden, dem wiederum ein Rückkopplungszweig mit einem Widerstand 64 zugeordnet ist. Der Ausgang des dritten Operationsverstärkers 62 ist über einen Widerstand 66 mit dem invertierenden Eingang eines vierten Operationsverstärkers 68 verbunden. Dabei liegen die nicht invertierenden Eingänge (+) der Operationsverstärker 38, 62, 68 direkt bzw., was den Verstärker 68 anbelangt, über einen Widerstand 70 am Bezugspotential. Dieses Bezugspotential wird vom geerdeten Anschluß des Widerstandes 34 über eine Verbindungsleitung 74 auf eine Leitung 76 übertragen, mit der die Verstärker 38, 62, 68 verbunden sind. Die Leitung 76 ist über die Serienschaltung eines Kondensators 78 und eines Widerstandes 80 mit der Leitung 56 verbunden. Dabei ist parallel zu dem



3114135

A 44 406 u  
k - 176  
26.März 1981

16 00 04 01  
- 15 -

Kondensator 78 ein Spannungsteiler aus zwei Widerständen 82, 84 vorgesehen. Der Abgriff des Spannungsteilers 82, 84 ist mit der Basis eines pnp-Transistors 86 verbunden, dessen Emitter direkt mit der Leitung 76 verbunden ist und dessen Kollektor über die Wicklung eines Relais 88 mit der Leitung 56 verbunden ist. Der Ausgang des vierten Operationsverstärkers 68 ist mit der Gate-Elektrode eines p-Kanal-Feldeffekttransistors 90 verbunden, dessen Source-Elektrode mit dem invertierenden Eingang des vierten Operationsverstärkers 68 verbunden ist und dessen Drain-Elektrode über die Serienschaltung zweier Dioden 92, 94 mit dem nicht invertierenden Eingang (+) eines fünften Operationsverstärkers 96 verbunden ist. Der Operationsverstärker 96 besitzt eine direkte Rückkopplung zwischen seinem Ausgang und seinem invertierenden Eingang (-), und sein Ausgang bildet einen Ausgang A der Schaltung, an dem gegenüber der Leitung 56 eine Spannung  $u_c$  abgreifbar ist. Weiterhin liegt parallel zu der Diode 94 ein Widerstand 98, während der Verbindungspunkt b der Kathode der Diode 94 und des Widerstandes 98 mit dem nicht invertierenden Eingang des Verstärkers 96 einerseits über einen Kondensator 100 mit der Leitung 56 verbunden ist. Außerdem ist der Schaltungspunkt b über einen Schaltkontakt 89 des Relais 88 mit der Leitung 56 verbindbar. Außerdem liegt zwischen dem Verbindungspunkt der Dioden 92 und 94 und der Leitung 56 noch ein Widerstand 102. Schließlich ist vom Verbindungspunkt des Kondensators 78 mit dem Widerstand 80 noch eine Leitung 104 nach außen geführt, die mit der ebenfalls nach außen geführten Leitung 76, wie dies nachstehend noch näher erläutert werden wird, über einen Kurzschlußbügel 106 verbindbar ist.

A 44 406 u  
k - 189  
26. März 1981

- 18 -

Funktion der Schaltung gemäß Fig. 2

Wenn in der Schaltung gemäß Fig. 2 der Motor 10 läuft, dann fließt der Motorstrom über den Meßwiderstand 28, so daß sich über diesem - bezogen auf Masse - eine zum Motorstrom proportionale Spannung  $u_a$  ergibt, die am Eingang E abgreifbar ist und dem nicht invertierenden Eingang (+) des als nicht invertierender Verstärker dienenden ersten Operationsverstärkers 30 zugeführt wird. Die Verstärkung dieses Operationsverstärkers 30 wird dabei durch die Gegenkopplung über den Spannungsteiler 32, 34 bestimmt. Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers 30 wird dann durch die Bauelemente 36 - 54 invertiert und quadriert, wobei eine quadratische Kennlinie abschnittsweise durch die Widerstands-Dioden-Kombinationen bewirkt wird. Auf diese Weise wird am Ausgang des zweiten Operationsverstärkers 38 eine gegenüber der Spannung  $u_a$  am Eingang invertierte und quadrierte Spannung erhalten, die dann mit Hilfe des dritten Operationsverstärkers 62 in eine Spannung umgesetzt wird, welche proportional zum Quadrat des Motorstroms durch den Meßwiderstand 28 ist. Aus dieser Spannung wird mit Hilfe des vierten Operationsverstärkers 68, der als Operationsverstärker mit Feldeffekttransistor-Eingang ausgebildet ist und mit Hilfe des Transistors 90, der zusammen mit den Bauelementen 66, 68, 70 eine spannungsgesteuerte Stromquelle bildet, ein Strom erzeugt, der dem Quadrat des Motorstroms exakt proportional ist und der Aufladung des Kondensators 100 dient. Die Aufladung des Kondensators 100 erfolgt dabei gesteuert durch den quadrierten Motorstrom über die spannungsgesteuerte Stromquelle. Der Aufladung des Kondensators 100 ist ein Entladevorgang überlagert, der im wesentlichen gemäß der Dimensionierung eines RC-Gliedes mit den Widerstän-

A 44 406 u  
k - 189  
26. März 1981

- 11 -

den 98, 102 und dem Kondensator 100 erfolgt. Die Diode 92 verhindert dabei ein Abfließen von Ladungen von dem Kondensator 100 über den Transistor 90, während die Diode 94 den Widerstand 98 für den Ladestrom zum Kondensator 100 überbrückt.

Der fünfte Operationsverstärker 96, der wieder als Operationsverstärker mit Feldeffekttransistor-Eingang ausgebildet ist, dient dann als Impedanzwandler für die Spannung über dem Kondensator 100 und liefert am Schaltungsausgang A die Spannung  $u_c$ , die nunmehr zur Ansteuerung eines Lichtbandes, insbesondere in Form einer Leuchtdiodenkette, dienen kann, mit deren Hilfe dem Bedienungspersonal eine Annäherung an die kritische Wicklungstemperatur des Motors in auffälliger und übersichtlicher Weise angezeigt werden kann. Außerdem kann die Spannung  $u_c$  der Ansteuerung eines Relais dienen, welches die Auslösung eines Alarms und/oder die Abschaltung des Motors 10 herbeiführt.

Bei der Schaltung gemäß Fig. 2 ist der Transistor 86 bei gezogenem Kurzschlußbügel 106 nicht-leitend, so daß das Relais 88 abgefallen und der Kurzschlußzweig mit dem Relaiskontakt 89 parallel zu dem Kondensator 100 unterbrochen ist. Bei einer Abtrennung des Motors wird nun mit Hilfe des Kurzschlußbügels 106 eine Verbindung zwischen den Leitungen 76 und 104 hergestellt, wodurch der

Transistor 86 leitend gesteuert wird, so daß das Relais 88 anzieht und seinen Kontakt 89 schließt, wodurch eine Entladung des Kondensators 100 herbeigeführt wird. Auf diese Weise lässt sich erreichen, daß der Integrator beim Abtrennen des Motors 10 zurückgesetzt wird, so daß die Integration nach einem erneuten Anlaufen des Motors wieder bei Null beginnt. Um zu verhindern, daß bereits eine kurzfristige Abtrennung des Motors 10 zu einem Zurücksetzen des Integrators führt, wird dabei in Ausgestaltung der Erfindung durch ein RC-Glied mit dem Kondensator 78 und dem Widerstand 80 ein verzögertes Durchschalten des Transistors 86 und damit ein verzögertes Ansprechen des Relais 88 nach dem Schließen des Kurzschlußbügels 106 bewirkt. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß ein kurzfristiges Öffnen der Steckkupplung oder dergleichen ohne einen echten Motorwechsel nicht zu einem Zurücksetzen des Integrators führt.

Aus der vorstehenden Funktionsbeschreibung der Schaltung gemäß Fig. 2 wird deutlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren schaltungstechnisch mit vergleichsweise geringem technischen Aufwand durchgeführt werden kann, wobei zu beachten ist, daß im Interesse einer Vereinfachung der Erläuterung der Erfindung eine besonders einfache Ausführungsform beschrieben wurde, bei der beispielsweise die Speicherzuflußsteuerung und die Speicherabflußsteuerung mit jeweils nur einer Zeitkonstante versehen sind, wobei beide Zeitkonstanten jeweils mit einem gemeinsamen Kondensator verwirklicht sind, der gleichzeitig noch als Speichereinheit dient. Auf diese Weise werden die Blöcke 16, 18, 20 der als Blockschaltbild dargestellten

3114135

03-04-81

A 44 406 u  
k - 176  
26. März 1981

<sup>20</sup>  
- 19 -

Schaltung gemäß Fig. 1 durch einen einfachen Integrator mit Selbstentladung gebildet, wobei ausgehend von diesem Blockschaltbild der bei einem Motorwechsel bzw. bei einem Abtrennen des Motors von der Schaltung wirksam werdende Schaltungsteil mit dem Kurzschlußbügel 106, dem Transistor 86, dem Relais 88 und dessen Kontakt 89 als Bestandteil der Speicherabflußsteuerung 20 anzusehen ist, die in diesem speziellen Fall bei einem Motorwechsel für eine verzögerte, jedoch vollständige Entladung der Speichereinheit 18 sorgt.

21  
Leerseite

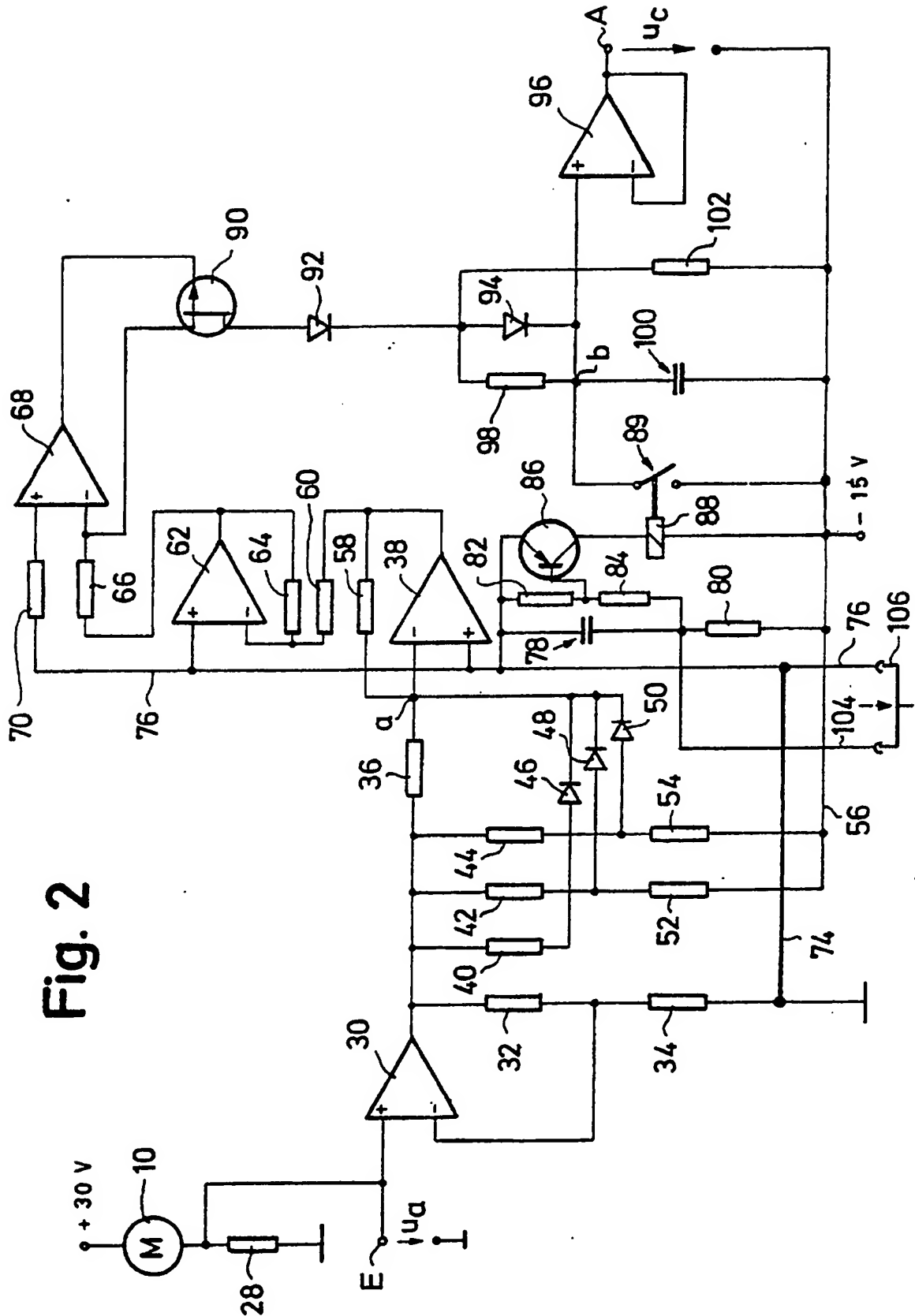


Fig. 2

3114135

-23-

Nummer:  
Int. Cl. 3:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3114135  
G01K 13/04  
8. April 1981  
21. Oktober 1982

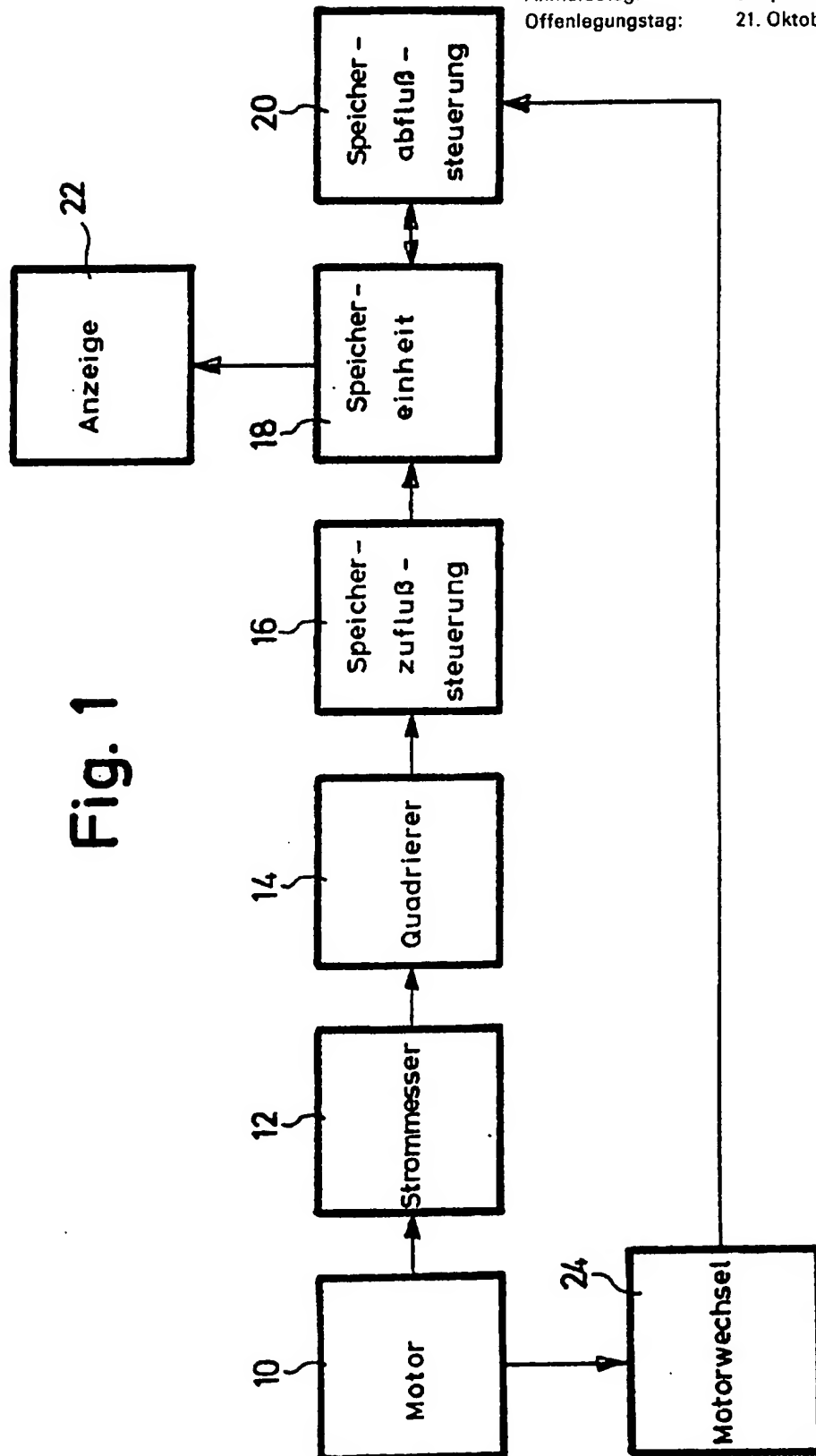


Fig. 1